

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе

ФИО: Фурсов Владимир Александрович

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.06.2026 10:55:05

Уникальный программный ключ:

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba81860b00daa62

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине «ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И
КОМПЛЕКСОВ»

для студентов направления подготовки

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Пятигорск 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторная работа №1	6
Лабораторная работа №2	10
Лабораторная работа №3	15
Лабораторная работа №4	22
Лабораторная работа № 5	27
Лабораторная работа №6	30
Лабораторная работа № 7	33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ. Ошибка! Закладка не определена.	

ВВЕДЕНИЕ

Так как гидравлика – наука о равновесии и движении жидкости, базируется в основном на данных эксперимента, то и в предлагаемом лабораторном практикуме приведены описания лабораторных установок и методик выполнения лабораторных работ с целью демонстрации законов равновесия и движения жидкостей.

Основной задачей лабораторных работ является объяснение физической сущности рассматриваемых гидравлических законов, ознакомление студентов с методикой проведения эксперимента с целью лучшего усвоения теоретического материала по главным разделам курса «Гидравлика и гидравлические машины».

Сущность каждой лабораторной работы заключается в следующем: изучить теоретический материал по теме, ознакомиться с устройством и принципов действия экспериментальной установки, освоить методику проведения эксперимента, провести опыты, обработать результаты и сделать выводы.

Выполнение лабораторных работ позволяет на практике закрепить знания, умения и навыки, сформировать необходимые профессиональные компетенции.

Оформление лабораторной работы

Отчеты по лабораторным работам представляются в виде папки – скоросшивателя на листах формата А4 – сборный комплект выполненных работ.

Содержание лабораторных работ:

- 1) номер и наименование лабораторной работы,
- 2) цель выполняемой работы,
- 3) фрагмент теоретического из курса, касающийся темы выполняемой работы (формулировка закона, основные формулы, зависимость исследуемого параметра от условий процесса и т. д.);
- 4) принципиальная схема экспериментальной установки,
- 5) таблица для записи основных параметров и опытных данных,
- 6) необходимые расчетные зависимости;
- 7) графический анализ экспериментальных данных;

Работа выполняется с использованием компьютерной техники.

Каждый комплект лабораторной работы сопровождается титульным листом с фамилией, именем и отчеством студента, наименованием факультета, специальности, номером группы и шифром.

Выполненная и оформленная лабораторная работа должен быть защищена в установленные сроки и подписана преподавателем.

Лабораторная работа №1

Основные свойства капельных жидкостей (определение удельного объема и плотности различных капельных жидкостей)

Цель работы: изучение свойств капельных жидкостей

Знать:

- классификации гидро и пневмопередач, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передачи, лопастные машины, объемные гидропередачи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТиТТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять требуемые размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Одной из основных механических характеристик жидкости является ее плотность.

Плотностью ρ (кг/м³) называют массу жидкости, заключенную в единице объема; для однородной жидкости:

$$\rho = \frac{M}{V},$$

где: M - масса жидкости в объеме V .

Удельным весом γ (Н/м³) называют вес единицы объема жидкости т.е.

$$\gamma = \frac{G}{V},$$

где: G - вес жидкости в объеме V .

Например, для воды при 40С имеем:

$$\gamma = 1000 \text{ кгс} / \text{м}^3 = 0,001 \text{ кгс} / \text{см}^3 = 9,81 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$$

Связь между удельным весом γ и плотностью ρ легко найти, если учесть, что:

$G = gm$

$$\rho = \frac{G}{gV} = \frac{\gamma}{g} \text{ или}$$

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Применяют также относительную плотность жидкости δ , равную отношению плотности жидкости к плотности воды при 40С:

$$\delta = \rho_{\text{жс}} / \rho_{\text{вод}}$$

Сжимаемость, характеризуется коэффициентом объемного сжатия:

$$\beta_p = -\frac{dV}{dp} \frac{1}{V}, \text{ м}^2/\text{Н}$$

где: dp – приращение давления [Н/м²];

dV – отрицательное приращение (уменьшение объема) [м³];

V – начальный объем жидкости [м³].

Температурное расширение характеризуется коэффициентом объемного расширения:

$$\beta_T = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \left[1/^\circ \text{C} \right], 1/^\circ \text{C}$$

где: V – начальный объем жидкости [м³];

dV – приращение объема [м³];

dT – приращение температуры.

Поверхностное натяжение, характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения жидкости σ [Н/м], определяется из формулы:

$$p = 2 \frac{\sigma}{r},$$

где: p – дополнительное давление $[Н/м^2]$, возникающее на поверхности раздела жидкости из-за действия, силы поверхностного натяжения, стремящейся придать объему жидкости сферическую форму;
 r – радиус сферы $[м]$.

Для определения удельного веса жидкости существуют в основном два метода. Один из них заключается во взвешивании известного объема жидкости, заключенной в мерном сосуде, который носит название пикнометра. Другой основан на использовании закона Архимеда. В последнем случае могут применяться два способа:

измерение с помощью весов выталкивающей силы, действующей на поплавок, полностью погруженный в жидкость;

с помощью ареометров (рис.1.).

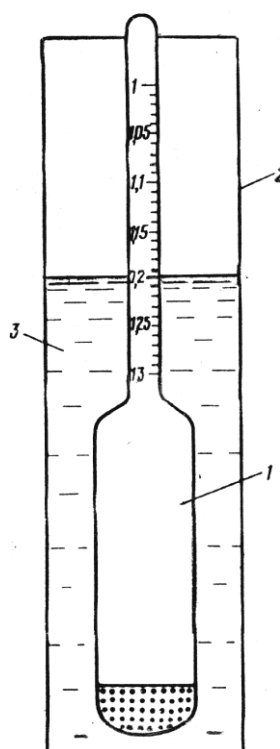


Рис.1. Схема ареометра

Трубка 1 ареометра погружается в сосуд 2 с жидкостью 3 и плавает в ней. Глубина погружения отсчитывается по шкале. Затем по специальным таблицам определяется удельный вес жидкости. Существуют ареометры, на шкале которых нанесены деления, соответствующие удельному весу жидкости. Некоторые ареометры показывают значение объемного веса в условных градусах (например, в градусах Боте), которые могут быть пересчитаны в системные единицы по специальным формулам.

Цель работы: Определение удельного объема и плотности для дистиллированной воды, спирта и моторного масла. Описание лабораторного стенда и порядок выполнения работ.

Основным прибором для определения удельного веса является ареометр, который имеет градуированную шкалу, называемую ареометрической. Для измерения удельного веса различных капельных жидкостей, имеем три сосуда (мензурки), в которых помещены соответственно исследуемые: вода, спирт и моторное масло. Ареометр последовательно погружается в сосуды с исследуемыми жидкостями и благодаря грузу, помещенному в нижней его части (обычно – ртуть или дробь) плавает, сохраняя вертикальное положение.

Деление на ареометрической шкале, до которого погружается ареометр, отсчитанное по верхнему краю мениска жидкости, показывает значение удельного объема (плотности). Значения вносятся в таблицу. Для контроля, удельный объем может быть найден путем взвешивания на точных

аналитических весах. Для этого поступаем следующим образом: сначала определяем массу пустого сосуда, имеющего шкалу с делениями, показывающими объем (пикнометр, мензурка), затем наливают в этот сосуд некоторое количество, исследуемой жидкости, по шкале определяют ее объем V и находим массу сосуда с жидкостью.

Тогда плотность исследуемой жидкости будет: $\rho = \frac{M_2 - M_1}{V} \left[\frac{кг}{м^3} \right]$, а величина

обратная ей искомый удельный объем исследуемой жидкости - $\nu = \frac{1}{\rho}$.

Таблица 1

Обработка результатов опыта

Показания ареометра

Жидкость	Удельный объем		Плотность		
вода					
спирт					
моторное масло					
Расчетные величины					
Жидкость	Масса пустого сосуда	Масса наполненного сосуда	Объем жидкости	Удельный объем	Плотность
вода					
спирт					
моторное масло					

Лабораторная работа №2

Определение кинематического коэффициента вязкости вискозиметром Энглера

Цель работы: изучение кинематического коэффициента вязкости вискозиметром Энглера

Знать:

- классификации гидро и пневмопередат, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передачи, лопастные машины, объемные гидropередачи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТиТТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять потребные размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Вязкость, одно из основных свойств жидкости, представляет собой проявление сопротивления сдвигу (скольжению) ее слоев.

Это свойство противоположное текучести: более вязкие жидкости (глицерин, смазочные масла и др.) являются менее текучими и наоборот. При течении вязкой жидкости вдоль твердой стенки происходит торможение потока, обусловленное вязкостью. Скорость уменьшается по мере уменьшения расстояния от центра вплоть до нуля у самой стенки, а между слоями происходит проскальзывание сопровождающееся возникновением касательных напряжений (напряжений трения).

Согласно гипотезе, высказанной впервые Ньютоном в 1686 г., а затем экспериментально обоснованной профессором Петровым в 1883 г. касательное напряжение в жидкости зависит от ее рода и характера течения и при слоистом течении изменяется прямо пропорционально так называемому поперечному градиенту скорости.

Формула Ньютона – Петрова Выражает силу внутреннего трения между смещающимися слоями жидкости т.е.:

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{du}{dy} \quad (1)$$

где: F - сила трения, H ;

μ - коэффициент пропорциональности или коэффициент динамической (абсолютной) вязкости жидкости;

du - приращение скорости, $м/с$;

dy - приращение координаты, $м$;

S - площадь трения или площадь соприкосновения слоев, $м^2$;

du/dy - градиент скорости, являющийся показателем интенсивности изменения величины скорости по нормам к ее направлению, $1/с$.

Разделив левую и правую части выше представленной формулы (1), получаем напряжение трения:

$$\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{du}{dy}, H/м^2 \quad (2)$$

Из (2) следует, что напряжение трения возможно только в движущейся жидкости, то есть вязкость проявляется лишь при ее течении.

При покоящейся жидкости:

$$\tau = 0 \quad (3)$$

Вывод: Трение в жидкостях, обусловленное вязкостью подчинено закону, принципиально отличному от закона трения твердых тел.

За единицу динамической (абсолютной) вязкости принимается $[Па \cdot с]$.

Наряду с динамической вязкостью применяют кинематическую вязкость

$$\nu = \mu / \rho, [м^2/с] \quad (4)$$

где: ρ - плотность жидкости, $кг/м^3$.

Единицей измерения кинематической вязкости $[м^2/с]$.

Вязкость капельных жидкостей зависит от температуры и уменьшается с увеличением последней.

Жидкости, для которых выполняется уравнение Ньютона – Петрова, называют ньютоновскими, для которых оно не выполняется – неньютоновскими.

Для определения вязкости применяют вискозиметры различных систем: Энглера, капиллярные, шариковые, ротационные и т.д.

Наиболее распространенным является вискозиметр Энглера. Для пересчета градусов Энглера в $\text{м}^2/\text{с}$, в случае минеральных масел применяют формулу:

$$\nu = \left(0,0731^{\circ E} - \frac{0,0631}{^{\circ E}} \right) \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (5)$$

Цель работы: определение вязкости жидкости при различных температурах и построение температурной кривой.

Описание установки и порядок выполнения работы

Вискозиметр Энглера применяется для определения вязкости капельных жидкостей, вязкость капельных жидкостей, вязкость которых выше вязкости воды. Он относится к разряду условных приборов, в которых вязкость определяется по отношению к вязкости известной жидкости (дистиллированной воды). Вискозиметр представляет собой два концентрических вставленных друг в друга резервуара (рис.2.). Основной частью вискозиметра является ванна (1) (ее вместимость до остриев штифтов составляет 240 см^3) с вмонтированным в ее дно суживающимся насадком (3) из нержавеющей стали. Площади сечения насадка на входе и выходе постоянны и соответственно равны $6,6 \text{ мм}^2$ и $6,16 \text{ мм}^2$. На внутренней поверхности ванны имеется три отметки (4), с помощью которых осуществляется контроль уровня замеряемой жидкости. Входное отверстие насадка закрывается стержнем (7). Сосуд имеет крышку (5) с отверстиями для запорного стержня и термометра (6). Ванна помещается в водяную баню (2), которая оборудована электроподогревающим устройством (9) - кипятильником. Температура воды в бане контролируется с помощью термометра (6). Имеется круглая площадка для мерного стакана (8) емкостью 200-500 мл.

Перед началом опыта необходимо установить прибор в строго горизонтальное положение. Воду, находящуюся в бане, подогреть последовательно до заданной температуры и поддержать эту температуру в процессе проведения опыта, постоянно перемешивая жидкость (воду).

Входное отверстие насадка закрыть стержнем и во внутренний резервуар залить исследуемую жидкость с условием, чтобы свободная поверхность жидкости в ванне касалась отметок. Затем ванну закрыть крышкой, вставить термометр и, после стабилизации температуры по всему объему исследуемой жидкости, одновременно включив секундомер.

По достижении уровня жидкости в мерном стакане отметки 200 мл, секундомер выключить. (При изменении вязкости масла пена, находящаяся выше уровня, в расчет не принимается). Измерения производить только при условии непрерывности струи.

При каждой температуре жидкости опыты повторяются. Данные опыта заносятся в таблицу.

Условная вязкость испытываемой жидкости характеризуется градусами Энглера:

$$^{\circ}A = t_{\text{ж}} / t_{\text{в}}$$

где: $t_{ж}$ - время истечения 200 мл испытываемой жидкости через насадок при заданной температуре;
 $t_{пп}$ - время истечения 200 мл дистиллированной воды при 20°C.

Для перехода от условной вязкости 0E к кинематическому коэффициенту вязкости воспользуемся формулой Уббелоде.

$$\nu = \left(0,0731^0E - \frac{0,0631}{^0E} \right) \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$$

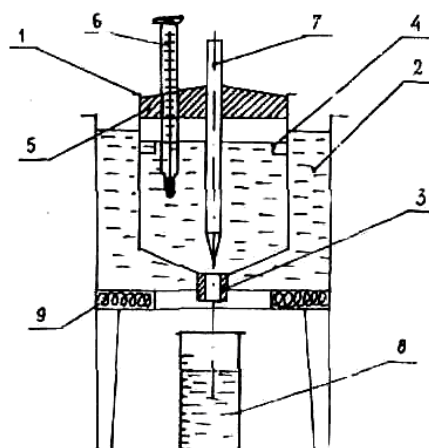


Рис. 2. Схема вискозиметра Энглера

Вязкость зависит от рода жидкости, ее температуры и давления. С увеличением температуры вязкость капельных жидкостей уменьшается, а газообразных - увеличивается.

Для большинства жидкостей с повышением давления вязкость увеличивается и может быть вычислена по уравнению:

$$\nu_p = \nu_0 (1 + K_p \cdot P)$$

где: ν_p и ν_0 - кинематический коэффициент вязкости соответственно при давлении p и атмосферном давлении;

p - давление, при котором определяется вязкость МПа;

K_p - опытный коэффициент, принимается обычно равным 0,03.

Таблица 2

Обработка данных опыта

Величина	Обозначение	Единица измерения	№№ опытов			
			1	2	3	4
Температура жидкости	T	°C				
Объем	V	мл				
Время истечения	$t_{ж}$	с				

Вязкость в градусах Энглера	$^{\circ}E$	-				
Кинематический коэффициент вязкости	ν	$\frac{m^2}{c}$				

$t_a = 10$ секунд

После обработки материалов опыта строится температурная кривая $\nu, \frac{m^2}{c}$

Лабораторная работа №3

Определение гидростатического давления с применением различных приборов

Цель работы: изучение гидростатического давления с применением различных приборов

Знать:

- классификации гидро и пневмопередат, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передачи, лопастные машины, объемные гидроредатчи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТИТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять требуемые размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Одним из основных параметров жидкости, находящейся в равновесии, является давление.

Для измерения гидростатического давления применяются различные приборы, которые можно подразделить на две основные группы – жидкостные и механические.

Простейшим представителем приборов жидкостного типа является пьезометр, измеряющий давление в жидкости высотой столба той же жидкости. Пьезометр представляет собой стеклянную трубку небольшого диаметра (обычно не менее 5 мм), открытую с одного конца и вторым концом присоединяемую к сосуду, в котором измеряется давление; схема пьезометра изображена на рис.3.

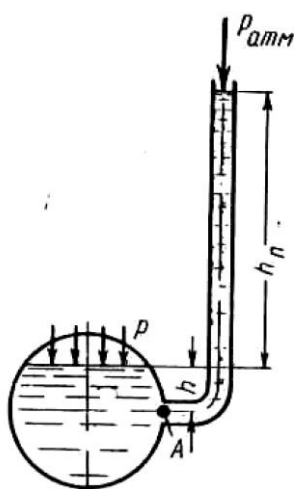


Рис.3. Схема пьезометра

Пусть давление p на поверхности жидкости в сосуде будет больше атмосферного. Тогда жидкость в трубке пьезометра поднимается выше уровня жидкости в сосуде на некоторую высоту h_n . Гидростатическое давление в точке А жидкости, взятой у основания пьезометрической трубки на глубине h от свободной поверхности жидкости в сосуде, определяется по основному уравнению гидростатики (2.4):

$$p_A = p_{ATM} + \rho g(h_n + h) \text{ и, следовательно,}$$

$$h_n + h = \frac{p_A - p_{ATM}}{\rho g}$$

Кроме того, имеем: $p_A + p + \rho g h$.

Таким образом, находим: $p = p_{ATM} + \rho g h_n$.

Отсюда видно, что высота поднятия жидкости в пьезометрической трубке, так называемая пьезометрическая высота, характеризует избыточное давление в сосуде и может служить мерой для определения его величины.

Измерение давления высотой столба жидкости весьма удобно и часто применяется в технике. Полезно запомнить, что давление, равное 10^5 Па (техническая атмосфера), соответствует весу столба воды с основанием 1см^2 высотой:

$$h_{п.в} = \frac{p}{\rho_v g} = \frac{10^5}{1000 \cdot 10} = 10\text{ м}$$

или же весу столба ртути с тем же основанием 1см^2 высотой:

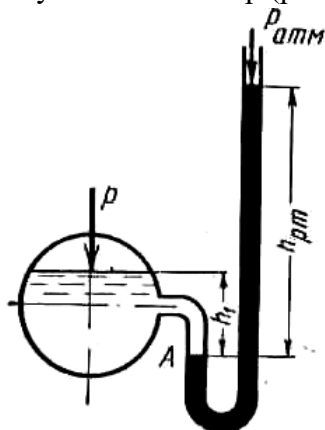
$$h_{п.рт} = \frac{p}{\rho_{рт} g} = \frac{10^5}{13600 \cdot 10} = 735\text{ мм}$$

Физическая же атмосфера (101325 Па) определяется ртутным столбом в 760 мм. Поэтому, например, если давление в сосуде будет $2,5 \cdot 10^5$ Па, его можно будет определить так же, как давление равное 25 м водяного или 183,75 см ртутного столба.

Для нефти и нефтепродуктов, имеющих меньшие плотности, высота соответствующих столбов жидкости в пьезометре при тех же давлениях будет, естественно, больше.

Пьезометр - очень чувствительный и точный прибор, однако он удобен только для измерения небольших давлений (не выше 0,5 105Па); при больших давлениях трубка пьезометра получается чрезмерно длинной, что осложняет измерения. В этих случаях применяют так называемые жидкостные манометры, в которых давление уравнивается не жидкостью, находящейся в сосуде, как это имеет место в пьезометре, а жидкостью большей плотности. Обычно такой жидкостью является ртуть. Так как плотность ртути больше плотности воды в 13,6 раза, то при измерении одних и тех же давлений трубка ртутного манометра оказывается значительно короче пьезометрической трубки и сам прибор получается более компактным.

Ртутный манометр (рис.4) представляет собой обычно U-образную стеклянную трубку, изогнутое колено которой заполняется ртутью. Под действием давления в сосуде уровень ртути в левом колене понижается, а в правом повышается. При этом гидростатическое давление в точке А, взятой на поверхности ртути в левом колене, по аналогии с предыдущим, определяется следующим образом:



$$p_A = p + \rho_1 g h_1 = p_{ATM} + \rho_{PT} g h_{PT},$$

где ρ_1 и ρ_{PT} - плотности соответственно жидкости в сосуде и ртути.

Отс Рис.4. Схема
ртутного
манометра

$$p = p_{ATM} + \rho_{PT} g h_{PT} - \rho_1 g h_1.$$

Для измерения больших давлений применяется поршневой манометр, представляющий собой обращенный гидравлический пресс.

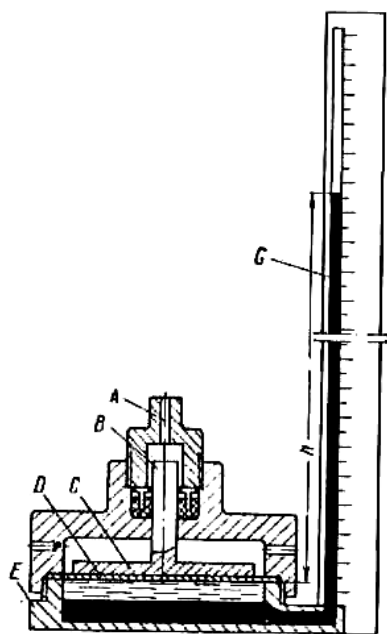


Рис.5.Схема
поршневого
манометра

Этот манометр (рис.5) состоит из трубки А, через которую измеряемое давление p передается на поршень В, оканчивающийся широкой металлической пластинкой С. Под ней находится каучуковая пластинка D,соприкасающаяся с водой, заполняющей короткое колено манометра Е.Нижняя часть этого колена и открытая трубка Г заливаются ртутью.

Если обозначить: f - площадь поршня, F – площадь металлической пластинки, h - высоту ртути в манометрической трубке, то (это следует из уравнения равновесия) будем иметь:

$$p = \frac{F}{f} \rho_{PT} g h.$$

Из этого выражения видно, что поршневой манометр при сравнительно малой высоте ртутного столба позволяет измерять весьма большие давления.

В тех случаях, когда необходимо измерить не давление в сосуде, а разность давлений в двух сосудах или же в двух точках жидкости в одном и том же сосуде, применяют дифференциальные манометры. Дифференциальный манометр, присоединенный к двум сосудам А и В, представлен на рис.6.

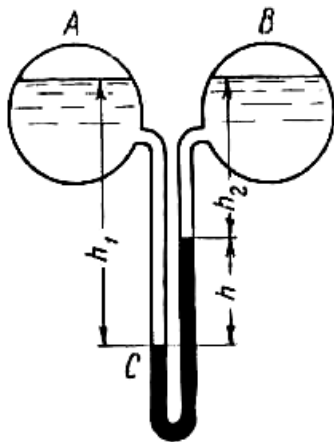


Рис.6.Схема дифференциального манометра

Здесь, так же как и раньше, для давления на уровне поверхности ртути в левом колене (точка С) имеем:

$$p = p_A + \rho_1 g h_1 = p_B + \rho_1 g h_2 + \rho_{PT} g h,$$

откуда:
$$p_A - p_B = \rho_1 g (h_2 - h_1) + \rho_{PT} g h,$$

или, так как:
$$h_2 - h_1 = -h, \quad p_A - p_B = (\rho_{PT} - \rho_1) g h.$$

Таким образом, разность давлений определяется разностью уровней в двух коленах дифференциального манометра. Для повышения точности измерений, а также при

измерении незначительных по величине давлений применяются микроманометры. Одна из конструкций микроманометра, так называемый наклонный микроманометр, изображена на рис.7.

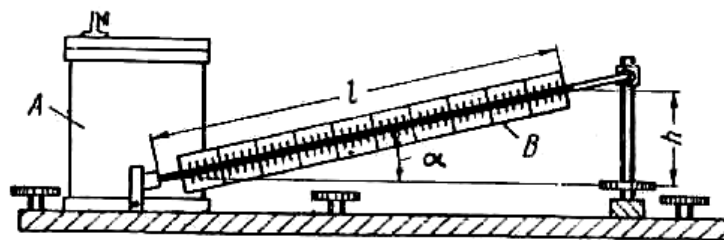


Рис.7.Схема наклонного микроманометра

Он состоит из резервуара А, присоединяемого к сосуду, в котором измеряется давление, и манометрической трубки В, угол наклона которой к горизонту можно менять.

Давление у основания трубки, измеряемое микроманометром, определяется выражением:

$$p = \rho g l \sin \alpha$$

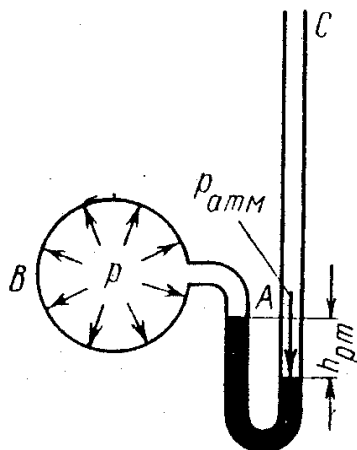


Рис.8. Схема вакуумметра

По сравнению с обычным манометром подобный микроманометр обладает значительно большей чувствительностью, так как он позволяет вместо малой высоты h (см. рис.7) отсчитывать длину l тем большую, чем меньше угол α .

Для измерения давления меньше атмосферного (в сосуде имеется вакуум) служат приборы, называемые вакуумметрами. Однако вакуумметры обычно измеряют не непосредственно давление, а вакуум, т.е. недостаток давления до атмосферного.

Принципиально они не отличаются от ртутных

манометров и представляют собой заполненную ртутью изогнутую трубку (рис.8), один конец которой А соединяется с пространством В, где измеряется давление , а другой конец С открыт. Например, нужно измерить давление газа в сосуде В. В этом случае имеем:

$$p_{ATM} = p + \rho_{PT}gh_{PT},$$

откуда:

$$p = p_{ATM} - \rho_{PT}gh_{PT},$$

Высоту:

$$h_{PT} = \frac{p_{ATM} - p}{\rho_{PT}g},$$

соответствующую вакууму в сосуде ($p_{BAK} = p_{ATM} - p$), обычно называют вакуумметрической высотой и обозначают через h_{BAK} .

Отсюда следует, что величину вакуума также можно измерять высотой столба жидкости. Так, если показание ртутного вакуумметра $h_{PT} = 0,50\text{м}$, то вакуум:

$$p_{BAK} = p_{PT}gh_{PT} = 13600 \cdot 10 \cdot 0,5 = 68000\text{Па}$$

Не всегда и вакуумметры заполняются ртутью. В отдельных случаях (в зависимости от назначения и условий работы) для этой цели могут быть использованы и другие жидкости. При этом, однако, следует иметь в виду, что для заполнения вакуумметров нельзя применять летучие жидкости (спирт, эфир), так как при пониженном давлении они будут интенсивно испаряться и могут закипеть.

Применение рассмотренных приборов жидкостного типа, в том числе и ртутных, ограничивается областью сравнительно небольших давлений; в основном они применяются в лабораторной практике, где используются весьма широко благодаря своей простоте и большой точности измерений. Когда же необходимо измерять большие давления, применяют приборы второго типа - механические, из которых наибольшим распространением на практике пользуется пружинный манометр (рис.9).

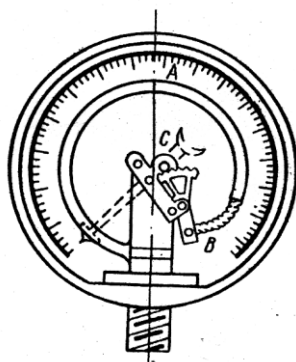


Рис.9. Схема пружинного манометра

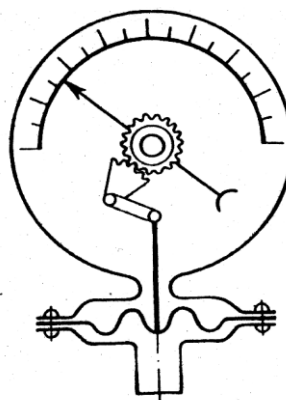


Рис.10. Схема мембранного манометра

Он состоит из полый тонкостенной изогнутой латунной трубки А, один конец которой запаян и соединен при помощи цепи В с зубчатым механизмом С; второй - открытый конец трубки сообщается с сосудом, в котором замеряется давление. Через этот конец в трубку А поступает жидкость. Под действием давления пружина частично распрямляется и посредством зубчатого механизма приводит в движение стрелку, по отклонению которой судят о величине давления. Такие манометры

обычно снабжаются градуированной шкалой, показывающей давление в атмосферах, а иногда оборудуются и самописцами.

Кроме того, существуют так называемые мембранные манометры, в которых жидкость воздействует на тонкую металлическую (или из прорезиненной материи) пластинку- мембрану. Получающаяся при этом деформация мембраны посредством системы рычагов передается стрелке, указывающей величину давления. Схема такого манометра изображена на рис.10.

Атмосферное давление измеряется с помощью механических мембранных приборов называемых барометрами. При этом величина атмосферного давления будет зависеть от месторасположения места замера над уровнем моря, где оно равно 760 мм ртутного столба.

Описание установки и порядок выполнения опыта

Для определения гидростатического давления с применением различных приборов, используем гидравлическую установку (в дальнейшем именуемую гидравлическим прессом), которая позволяет механическим способом – путем перемещения рычага, создавать в замкнутой системе, заполненной каплевой жидкостью, различные величины гидростатического давления.

Давление одновременно измеряется и жидкостным и механическим приборами.

Жидкостный прибор представлен ртутным манометром, который выполнен в виде U-образной стеклянной трубки, изогнутое колено которой заполняется ртутью. Одна ветвь ртутного манометра соединена с гидравлической системой установки, вторая с атмосферой.

Механический прибор представлен пружинным манометром.

При приведении рычага гидравлической установки в действие, под поршнем создается избыточное давление, которое передается как на жидкостный, так и на механический приборы, соединенные параллельно друг с другом и с гидравлической установкой. В жидкостном приборе уровень ртути в ветви U-образной стеклянной трубки, которая соединена с установкой, опускается, а в ветви соединенной с атмосферой поднимается. Следовательно, появляется разность уровней ртути h_{PT} , которая измеряется. Одновременно, созданное избыточное давление передается на пружинный манометр, в котором под действием избыточного давления пружина частично распрямляется и посредством зубчатого механизма приводит в движение стрелку, по отклонению которой измеряется давление на градуированной шкале P (Па).

Атмосферное давление измеряется барометром – P_{ATM} [мм.рт.ст.].

Тогда, давление создаваемое в гидравлической системе, механическим перемещением рычага будет:

$$P = P_{ATM} + \rho_{PT} \cdot g \cdot h_{PT} - \rho_1 \cdot g h_1$$

где: P_{ATM} - атмосферное давление [Па];

ρ_{PT} - плотность ртути [кг / м³];

h_{PT} - разность уровней ртути в ртутном манометре [м];

h_1 - высота от уровня жидкости в левой ветви ртутного манометра до максимального уровня в гидравлической системе;

ρ_1 - плотность жидкости в гидравлической системе.

Рассчитанное давление P должно соответствовать показанию стрелки пружинного манометра.

Таблица 3

Обработка результатов опыта

Замеренные и вычисленные величины	Обозначение	Размерность	№№ опытов			
			1	2	3	4
Давление в системе	P	$Па$				
Атмосферное давление	P_{ATM}	$мм.рт.ст.$				
Плотность ртути	ρ_{PT}	$кг/м^3$				
Плотность жидкости в гидравлической системе	ρ_1	$кг/м^3$				
Разность уровней ртути в ртутном манометре	h_{PT}	$м$				
Высота от уровня жидкости в левой ветви ртутного манометра до максимального уровня жидкости в гидравлической системе	h_1	$м$				

Лабораторная работа №4

Экспериментальная иллюстрация закона Паскаля

Цель работы: изучение экспериментальной иллюстрации закона Паскаля

Знать:

- классификации гидро и пневмопередат, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передатчи, лопастные машины, объемные гидропередатчи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТиТТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять потребные размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Гидростатика- это раздел гидравлики, в котором изучаются законы равновесия покоящейся жидкости, а также твердых тел, полностью или частично погруженных в жидкость.

В покоящейся жидкости возможен лишь один вид напряжения гидростатическое давление, силы вязкости в покое не проявляются.

Гидростатическое давление обладает тремя свойствами:

- давление в точке покоящейся жидкости всегда нормально к поверхности, воспринимающей это давление;
- давление в точке покоящейся жидкости во всех направлениях одинаково по величине т.е. является скаляром;
- давление в точке зависит в основном от ее координаты Z и увеличивается с увеличением глубины ее погружения.

Согласно основному закону гидростатики, давление в любой точке покоящейся жидкости складывается из внешнего давления p_0 и давления, зависящего от глубины погружения h , то есть давления, обусловленного весом вышележащих слоев жидкости pgh :

$$p = p_0 + pgh$$

Давление, приложенное к жидкости (внешнее давление), передается внутри жидкости во все стороны без изменения, то есть всякое изменение внешнего давления приводит к изменению давления в каждой точке жидкости. В гидравлике это понятие носит название закона Паскаля.

В качестве примера рассмотрим принцип действия и устройство гидравлического пресса.

Возьмем внутри жидкости, находящейся в состоянии равновесия, несколько произвольных точек A , B , C , расположенных на расстоянии от свободной поверхности соответственно H_A , H_B , H_C (рис.11). Поместим на свободную поверхность жидкости плотно притертый к стенкам поршень и приложим к нему силу Q , в результате чего со стороны поршня на жидкость возникает давление p_Q .

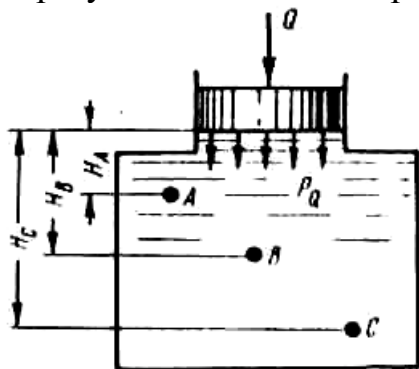


Рис. 11. К доказательству закона Паскаля

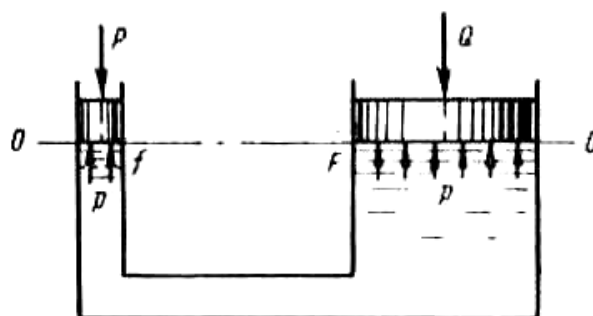


Рис. 12. Принципиальная схема гидравлического пресса

В соответствии с вышесказанным абсолютные давления в точках A , B , C будут:

$$p_A = p_Q + \rho g H_A, \quad p_B = p_Q + \rho g H_B, \quad p_C = p_Q + \rho g H_C.$$

Анализируя полученные выражения, нетрудно видеть, что абсолютные давления в различных по глубине точках жидкости будут разные, однако внешнее

давление, производимое на жидкость, заключенную в замкнутом сосуде, передается жидкостью во все точки без изменения, т.е. $p_Q = \text{const}$. В этом и заключается закон Паскаля, который нашел широкое применение в технике и используется при конструировании гидравлических установок, действие которых основано на передаче давления внутри жидкости.

На этом законе основано устройство целого ряда гидравлических машин (гидравлических прессов, домкратов, стоек и др.). Этот же принцип лежит в основе всех машин объемного действия.

На рис.12. приведена принципиальная схема гидравлического пресса. Прикладывая к меньшему поршню силу P , мы создаем в жидкости давление $p = P/f$, которое в соответствии с законом Паскаля передается к большему поршню, вызывая силу $Q = P \cdot F$. Таким образом, если принять во внимание коэффициент полезного действия системы η , учитывающий трение поршней о стенки цилиндров, получим:

$$Q = P \frac{F}{f} \eta = P \left(\frac{D}{d} \right)^2 \cdot \eta$$

Цель работы:

Продемонстрировать закон Паскаля, на примере гидравлического пресса, изучить устройство, принцип действия гидравлического пресса; рассчитать силы и выигрыш в силе.

Описание установки

Гидравлический пресс применяют для создания больших сжимающих усилий, что необходимо, например, для деформации металлов при обработке давлением (прессование, штамповка, ковка), при испытании различных материалов и т.д.

Принципиальная схема лабораторного пресса показана на рис.13. Пресс состоит из двух цилиндров А и В (Диаметр малого d_1 , а большого d_2) соединенных системой трубок. В малом цилиндре находится поршень Π_1 с рычагом, имеющим неподвижную шарнирную опору, а в большом цилиндре поршень Π_2 со столом, на котором помещается прессуемое тело.

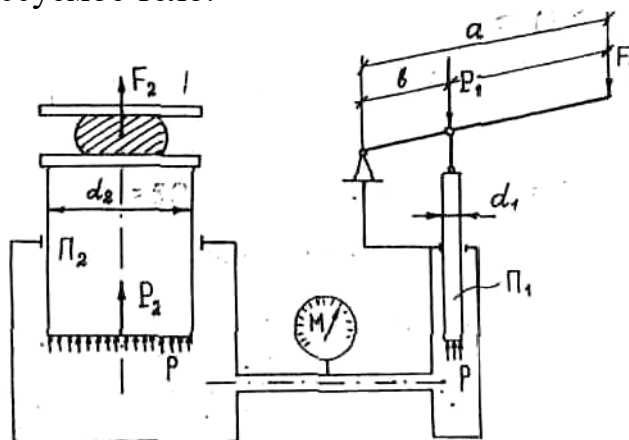


Рис. 13. Принципиальная схема гидравлического пресса

Возвратно–поступательным движением рычага с малым поршнем Π_1 накачивают жидкость в полость В под большим поршнем Π_2 . Давление в системе регистрируется манометром M . Помимо этого пресс снабжен всасывающими,

нагнетательными шариковыми клапанами (на схеме не показаны), которые предотвращают возврат жидкости в бачок и под малый поршень.

Если к рукоятке рычага приложить силу F_1 , то на малый поршень передается сила:

$$P_1 = F_1 \frac{a}{b}$$

a – длина рукоятки рычага;

b – длина плеча малого поршня.

Сила P_1 создает гидростатическое давление:

$$p = \frac{P_1}{S_1}.$$

где: S_1 - площадь сечения малого поршня,

$$S_1 = \pi \frac{d_1^2}{4}.$$

Давление p передается без изменений под поршень P_2 большего диаметра. Пренебрегая практически незначительной поправкой на разность высотных положений нижних поверхностей поршней, получаем силу давления P_2 на больший поршень:

$$P_2 = p S_2$$

где: S_2 - площадь сечения большого поршня:

$$S_2 = \pi \frac{d_2^2}{4}.$$

Учитывая потери на трение в движущихся частях и утечки жидкости введением КПД η , получим значение силы F_2 , сжимающей прессуемое тело:

$$F_2 = \eta P_2 \pi \frac{d_2^2}{4}$$

КПД прессы обычно принимают равным $0,8 \div 0,85$.

Выигрыш в силе в гидравлическом прессе называют отношение силы, прессующей тело F_2 , к силе, приложенной к рычагу F_1 :

$$W = \frac{F_2}{F_1}$$

В работе по известному давлению в системе необходимо определить действующие силы F_1 , P_1 , P_2 , F_2 и выигрыш в силе W , для четырех значений давления в системе. Вычисления сводятся в таблицу:

Таблица 4
Обработка результатов опыта

Заданные и вычисленные величины	Обозначение	Размерность	№№ опытов			
			1	2	3	4
Давление в системе	P	H/m^2				
Усилие, прилагаемое к рукоятке рычага	$F_1 = P_1 \frac{b}{a}$	H				
Сила на малом поршне	$P_1 = pS_1$	H				
Сила на большом поршне	$P_2 = pS_2$	H				
Сила, сжимающая прессуемое тело	$F_2 = \eta P_2$	H				
Выигрыш в силе	W	-				

a = 0.1 м

b =

d1 =

d2 =

Лабораторная работа № 5

Исследование работы гидравлического пресса

Цель работы: исследование и изучение работы гидравлического пресса

Знать:

- классификации гидро и пневмопередат, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передачи, лопастные машины, объемные гидropередачи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТиТТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять потребные размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Расходом потока жидкости называется количество жидкости, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени. При этом количество протекающей жидкости, измеренное в объемных единицах, носит название объемного расхода и обозначается через Q .

Соответствующая объемному расходу масса жидкости O_M называется массовым расходом, а вес жидкости весовым расходом Q_G .

В гидромеханике главным образом приходится иметь дело с объемным расходом жидкости, в дальнейшем называемым просто расходом.

Между объемным массовым и весовым расходами существуют следующие простые зависимости:

$$Q_M = \rho Q \quad \text{и} \quad Q_G = \rho g Q$$

где: ρ - плотность жидкости;

g - ускорение силы тяжести.

Размерности расхода:

Объемного $[Q] = \frac{[L^3]}{[T]}$; массового $[Q_M] = \frac{[M]}{[T]}$; весового $[Q_G] = \frac{[G]}{[T]}$.

Наиболее часто применяемые на практике единицы измерения: объемного расхода – м³/с, м³/ч, л/с, л/мин; массового расхода – кг/с, кг/мин, кг/ч, т/с, т/ч; весового расхода – н/с, н/мин, н/ч, кн/с, кн/мин, кн/ч, мн/с, мн/мин, мн/ч.

Наряду с этим в гидромеханике широко используют равнозначные расходу понятия: производительность, дебит, пропускная способность.

На практике очень простым и точным методом определения расхода является объемный способ, который заключается в наполнении определенного объема за фиксированное количество времени.

Цель работы: определение расхода жидкости объемным способом – мерным баком.

Описание установки и порядок выполнения работы

Мерный-бак емкость определенного размера с запорным устройством, представляет собой средство для измерения расхода жидкости. Открывается кран на подающем жидкость трубопроводе, и закрывается запорное устройство мерного бака. Мерный бак оборудован стеклянной мерной трубкой, показывающей уровень жидкости по мере наполнения (рис. 14.)

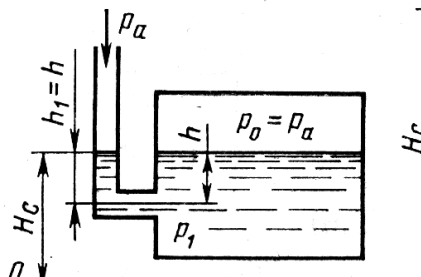


Рис.14. Схема мерного бака

Поднятие уровня жидкости в мерной трубке фиксируется хронометром, а величины времени заносятся в таблицу.

Определяем объем жидкости по формуле:

$$V = S \cdot H$$

где: S – площадь живого сечения мерного бака, м^2 ;

H – высота поднятия уровня в мерной трубке, м.

Тогда, расход жидкости:

$$Q = \frac{V}{t}; \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

t – время поднятия уровня в мерной трубке.

Измерения производятся на трех уровнях при неизменном расходе жидкости, и среднее значение расхода определяем по формуле:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}$$

Таблица 5

Обработка данных опыта

Величина	Обозначение	Единица изм.	№№ опытов		
			1	2	3
Площадь живого сечения мерного бака	$S = a \cdot b$	м^2			
Высота поднятия уровня в мерной трубке	H	м			
Объем жидкости в мерном баке	$V = S \cdot H$	м^3			
Время наполнения мерного бака	t	сек			
Расход жидкости	$Q = V/t$	$\text{м}^3/\text{сек}$			
Средний расход жидкости	$Q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}$	$\text{м}^3/\text{сек}$			

$a = 1 \text{ м}, b = 1.5 \text{ м}.$

Лабораторная работа №6

Исследование режимов движения жидкости

Цель работы: исследование и изучение режимов движения жидкости

Знать:

- классификации гидро и пневмопередат, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передачи, лопастные машины, объемные гидроредатчи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТиТТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять потребные размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Водосливами называются искусственные преграды в потоке со свободной поверхностью, поверх которых происходит перелив жидкости.

Водосливы имеют широкое применение в технике как в качестве одного из основных элементов речных гидротехнических сооружений (водоотливные плотины, водосбросы), они также используются в качестве измерителей расхода жидкости – главным образом в гидравлических лабораториях.

Для целей измерения расходов жидкостей применяют обычно водосливы с тонким вертикальным порогом, установленным нормально направлению потока и имеющим прямоугольные или треугольные отверстия (рис.15.)

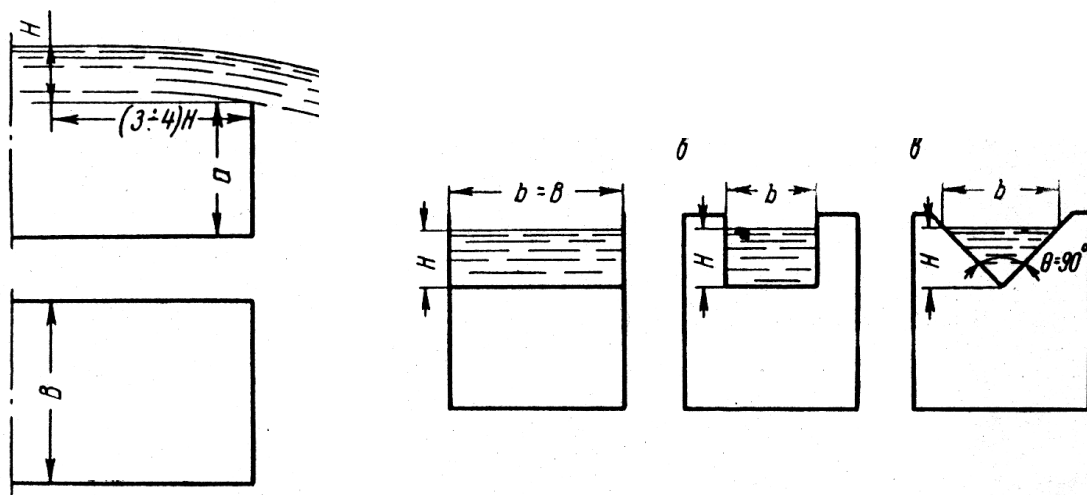


Рис.15. Водослив

Такой водослив можно приближенно рассматривать как частный случай истечения жидкости через большое боковое отверстие, когда H высота жидкости над порогом (измерение H производится на расстоянии $l \geq (3:4)H_1$ перед порогом, так как около самого порога имеет место понижение уровня жидкости).

Определение расхода жидкости через водосливы с прямоугольными порогами можно производить по формуле:

$$Q = m_0 b H_1 \sqrt{2gH_1}$$

где m_0 – коэффициент расхода водослива с учетом скорости подхода жидкости к порогу:

$$Q = m_0 \cdot b \sqrt{2gH_1^3} = m_0 \cdot b H \sqrt{2gH_1}$$

где: m_0 – коэффициент расхода водослива, величина которого может быть найдена по следующей эмпирической формуле Базена-Эгли:

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H_1} - 0,03 \frac{B-b}{B} \right) \left[1 + 0,55 \frac{b^2}{B^2} \left(\frac{H_1}{H_1 + a} \right)^2 \right]$$

Для измерения расходов, меняющихся в широком диапазоне (что имеет место при проведении испытания насоса и т.п.), удобнее применять водослив с треугольным порогом, так как даже при малых расходах высота воды над порогом H

будет иметь значительную величину, погрешность измерения будет небольшой. Для этого водослива при $\theta = 90^\circ$, $b=2H$, поэтому уравнение примет вид:

$$Q = m_0 \cdot 2H_1 \cdot H_1 \sqrt{2gH_1} = m_0 \cdot 2\sqrt{2g} \cdot H_1^{2,5},$$

отсюда коэффициент расхода водослива:

$$m_0 = \frac{Q}{2\sqrt{2g} \cdot H_1^{2,5}}$$

Описание установки и порядок выполнения работ

Установка представляет собой мерный бак и над ним расположенный водослив с треугольным порогом. Высота жидкости над порогом измеряется мерной линейкой. Открывается кран на подающем жидкость трубопроводе и закрывается запорное устройство мерного бака. Регулированием открытия – закрытия крана на трубопроводе создается режим течения с определенным расходом Q , которому соответствует высота жидкости над порогом H_1 . По измеренным величинам рассчитывается коэффициент расхода водослива m_0 .

Таблица 6

Обработка данных опыта

$a = 2 \text{ м}$, $b = 1 \text{ м}$.

Величина	Обозначение	Единица изм	№№ опытов		
			1	2	3
Площадь живого сечения мерного бака	$S = a \cdot b$	м ²			
Высота поднятия уровня в мерной трубке мерного бака	H	м			
Объем жидкости в мерном баке	$V = S \cdot H$	м ³			
Время наполнения мерного бака	t	сек			
Расход жидкости	$Q = V/t$	м ³ /сек			
Высота жидкости над порогом водослива	H_1	м			
Коэффициент расхода водослива	m_0				

После обработки материалов опыта строится тарировочная кривая.

Лабораторная работа № 7

Изучение конструктивных элементов гидромашин и гидроприводов

Цель работы: исследование и изучение конструктивных элементов гидромашин и гидроприводов

Знать:

- классификации гидро и пневмопередат, области их применения;
- пневмопривод, гидропривод: гидравлические машины и передачи, лопастные машины, объемные гидропередачи, методика расчета и проектирования;
- классификации, устройства и принципов действия гидравлических систем ТиТМО отрасли
- основные законы гидравлики

Уметь:

- определять основные размеры и параметры гидравлических машин;
- читать и выполнять чертежи со специальными обозначениями гидравлических машин и аппаратуры в соответствии ГОСТ.
- численно оценивать силовые воздействия жидкости на твердые тела и рабочие органы простейших гидравлических машин;
- определять требуемые размеры трубопроводов для обеспечения оптимальной работы гидравлических систем и своевременной подачи жидкости потребителям;

Владеть:

- знаниями особенностей конструкции и расчетов на безопасность, прочность, схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- знаниями особенностей конструкции и расчетов на надежность и производительность схем воздухо- и водоснабжения предприятий транспорта, вопросов их эксплуатации и обслуживания.
- соответствующей терминологией;
- навыками измерения давления и расхода жидкости в гидравлических системах.

Общие сведения

Одна из основных задач гидравлики – оценка потерь напора на преодоление гидравлических сопротивлений, возникающих при движении реальных жидкостей в различных гидравлических системах.

Чтобы правильно определить эти сопротивления, прежде всего, необходимо составить ясное представление о механизме самого движения жидкости. При исследовании вопроса приходим к заключению о существовании двух различных, резко отличающихся режимов движения: ламинарного (слоистого) и турбулентного (вихревого). При ламинарном движении частицы жидкости движутся без перемешивания, их траектории не пересекаются, наблюдается слоистое перемещение.

Ламинарный режим наблюдается преимущественно при движении вязких жидкостей – нефть, битум, смазочные масла и др. или при движении любых жидкостей с малыми скоростями.

Турбулентный режим характеризуется беспорядочным движением частиц жидкости и имеет место при сравнительно больших скоростях и малой вязкости.

Существование того или иного режима в трубопроводе определяется значением безразмерной величины – числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

где: V – средняя скорость движения жидкости;

d – внутренний диаметр трубы;

ν – кинематический коэффициент вязкости.

С физической точки зрения число Рейнольдса характеризует соотношение между силами инерции и вязкости (внутреннего трения), действующими в потоке. Когда преобладают силы вязкости (число Рейнольдса мало), частицы жидкости движутся, не перемешиваясь.

Если же преобладают инерционные силы (когда число сравнительно велико), то упорядоченность движения частиц нарушается, они движутся хаотически.

Опытами установлено, что при $Re < 2320$ в круглой цилиндрической трубе существует устойчивое ламинарное течение. При $Re > 2320$ слоистое движение нарушается, и до $Re = 4000$ имеет место так называемая переходная область, для которой характерна перемежающаяся турбулентность, то есть периодическое изменение характера течения с ламинарного на турбулентное. Ламинарное течение может сохраняться и при $Re > 2320$, но оно будет неустойчивым, и при небольших возмущениях (толчки, вибрации) сразу же переходит в турбулентное.

Число Рейнольдса, при котором происходит переход от ламинарного течения к турбулентному, носит название критического числа Рейнольдса $Re_{кр}$. Для труб круглого сечения $Re_{кр} = 2320$. Для открытых потоков в качестве линейной характеристики принимают гидравлический радиус R (отношение площади к смоченному периметру χ).

$$Re_{кр} = \frac{V_{кр} d}{\nu} \quad \text{или} \quad Re_{кр} = \frac{V_{кр} R}{\nu}$$

где: $V_{кр}$ – критическая скорость, соответствующая смене режимов.

Критическое число Рейнольдса для открытых потоков равно 500 ($Re_{кр}=500$).

Цель работы:

1. Визуальное наблюдение ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости, а также смены режимов.
2. Вычисление по опытным данным значений Re при наблюдаемых режимах и переходе из ламинарного в турбулентное движение.

Описание установки и порядок выполнения опыта

Установка состоит из напорного бака A , заполняемого водой, и сосуда D , в который наливают красящие вещества. Труба B имеет на конце кран C , позволяющий регулировать расход и скорость движения жидкости. Измерение расхода жидкости осуществляется объемным способом при помощи мерного бака. Труба B имеет для осуществления плавного входа в нее входную воронку, из сосуда D подведена тонкая трубка с зажимом E , по которой в поток подаются красящие вещества. Во время опыта уровень воды в баке A поддерживается постоянным с помощью перелива.

Опыт начинается с малых скоростей, для этого кран C немного открывают и одновременно пускают красящие вещества через трубку. В стеклянной трубе должна быть видна окрашенная струйка, которая легко выделяется в движущемся потоке. Следовательно, движущаяся струйка $S-S$ не перемешивается с соседними струйками, т.е. наблюдается струйчатое движение называемое ламинарным. Увеличивая степень открытия крана C увеличивают скорость движения жидкости до тех пор, пока струйка красящего вещества не начнет теряться в общем потоке жидкости, т.е. происходит переход из ламинарного режима в турбулентный. Дальнейшим открытием крана устанавливают скорость движения, соответствующую установившемуся турбулентному течению, струйка совершенно исчезает, поток окрашивается равномерно.

В каждом опыте производят замеры температуры, времени полного или частичного заполнения мерного бака, объема мерного бака.

Результаты заносят в таблицу 7.

Опыт, соответствующий переходу из ламинарного в турбулентный режим, производят 3 раза для более точного установления критического числа Рейнольдса.

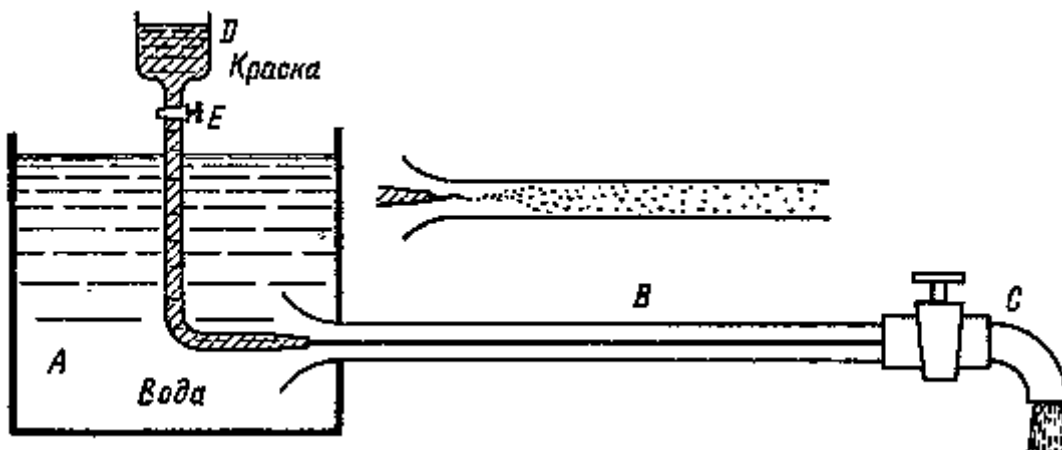


Рис.16. Принципиальная схема лабораторной установки

Постоянные величины: диаметр трубы – $d=$ м;

площадь сечения - $S = \pi \frac{d^2}{4}$, м²

Таблица 7

Величина	Обозначение	Единица измерения	№№ опытов			
			1	2	3	4
Режим движения жидкости		-				
Объем жидкости в мерном баке	V	м ³				
Время заполнения мерного бака	t	с				
Температура в напорном баке	T	°C				
Объемный расход жидкости	$Q = \frac{V}{t}$	м ³ /с				
Средняя скорость	$V = Q / S$	м/с				
Кинематический коэффициент вязкости	ν	м ² /с				
Число Рейнольдса	$Re = \frac{Vd}{\nu}$	-				

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы

1. Баржанский, Е.Е. Гидравлические и пневматические системы транспортного и транспортно-технологического механического оборудования / Е.Е. Баржанский ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир-МГАВТ, 2013. – 190 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429837> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-905637-03-2. – Текст : электронный.

Перечень дополнительной литературы:

1. Пазушкина, О.В. Гидравлика и гидропневмопривод / О.В. Пазушкина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ульяновский государственный технический университет", Институт дистанционного и дополнительного образования. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 135 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363457> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9795-0986-0. – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line»
3. Электронно-библиотечная система Лань

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации самостоятельной работы
по дисциплине «ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И
КОМПЛЕКСОВ»
для студентов направления подготовки
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Содержание

Введение	40
1.Общая характеристика самостоятельной работы студента	41
2. План - график выполнения самостоятельной работы	42
3.Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	42
3.1. Вид самостоятельной работы: самостоятельное изучение литературы	42
3.2. Вид самостоятельной работы: подготовка к лабораторным занятиям.....	42
4. Методические указания.....	43
Список рекомендуемой литературы	43

Введение

Методические указания и задания для выполнения самостоятельной работы студентами по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов » по направлению подготовки бакалавров: 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Методическое пособие содержит весь необходимый материал для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов ».

В данном методическом пособии приведены темы и вопросы для самостоятельного изучения.

1.Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее прежде всего индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

На современном этапе самостоятельную работу студента следует разделить на работу с бумажными источниками информации, т.е. учебниками, методическими пособиями, монографиями, журналами и т.д. и электронными источниками информации, т.е. доступ к электронным ресурсам через Интернет.

Сегодня самостоятельную работу студента невозможно представить без использования информационной сети – Интернет. Необходимость использования Интернета возникает не только при подготовке к практическим и семинарским занятиям, но, в большей степени, при написании различных исследовательских и творческих работ. Многие современные монографии, периодические журналы изданы только в электронном виде и с ними можно познакомиться только в Интернете.

Цели и задачи самостоятельной работы: формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Наименование компетенции

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 готовность к руководству выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов	ИД-1 _{ПК-1} Владеет методами организации работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов в соответствии с требованиями организаций изготовителей	Готовность к руководству выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов
	ИД-2 _{ПК-1} Определяет рациональные методы рационального обеспечения процесса технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств и их компонентов	

2. План - график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателям	Всего
5 семестр					
ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам № 1-6	Собеседование	99	7	106
ПК-1	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчёт (письменный)	1	1	2
Итого за 5 семестр			100	8	108
Итого			100	8	108

3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

3.1. Вид самостоятельной работы: самостоятельное изучение литературы

Изучать учебную дисциплину «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов» рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них в программе дисциплины. При теоретическом изучении дисциплины студент должен пользоваться соответствующей литературой. Примерный перечень литературы приведен в рабочей программе

Для более полного освоения учебного материала студентам читаются лекции по важнейшим разделам и темам учебной дисциплины. На лекциях излагаются и детально рассматриваются наиболее важные вопросы, составляющие теоретический и практический фундамент дисциплины.

Итоговый продукт: конспект лекций

Средства и технологии оценки: Собеседование

Критерии оценивания: Оценка «отлично» выставляется студенту, если в полном объеме изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если достаточно полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, недостаточно если полно изучен курс данной дисциплины и выполнены практические задания

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствуют знания и практические навыки по данной дисциплине.

Темы для самостоятельного изучения:

1. Введение. Свойства жидкости.
2. Гидростатика.
3. Кинематика и динамика жидкости.
4. Неустановившееся движение жидкости в трубах.
5. Гидравлические и пневматические системы.
6. Системы типовых гидросистем

3.2. Вид самостоятельной работы: подготовка к лабораторным занятиям

Итоговый продукт: отчет по лабораторной работе

Средства и технологии оценки: защита отчета

Критерии оценивания: Оценка «отлично» выставляется студенту, если в полном объеме изучен курс данной дисциплины и выполнены лабораторные задания

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если достаточно полно изучен курс данной дисциплины и выполнены лабораторные задания

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, недостаточно, если полно изучен курс данной дисциплины и выполнены лабораторные задания

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствуют знания и практические навыки по данной дисциплине

4. Методические указания

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов », направления подготовки 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы

1. Баржанский, Е.Е. Гидравлические и пневматические системы транспортного и транспортно-технологического механического оборудования / Е.Е. Баржанский ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир-МГАВТ, 2013. – 190 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429837> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-905637-03-2. – Текст : электронный.

Перечень дополнительной литературы:

1. Пазушкина, О.В. Гидравлика и гидропневмопривод / О.В. Пазушкина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ульяновский государственный технический университет", Институт дистанционного и дополнительного образования. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 135 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363457> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9795-0986-0. – Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line»
3. Электронно-библиотечная система Лань